

Lari Ilonen

# Selvitystyö kustannusarvio-ohjelman päivityksestä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

8.5.2017

|   |   |
|---|---|
| Tekijä(t)<br>Otsikko  | Lari Ilonen<br>Selvitystyö kustannusarvio-ohjelman päivityksestä                                  |
| Sivumäärä<br>Aika   | 27 sivua + 2 liitettä<br>8.5.2017   |
| Tutkinto  | Insinööri (AMK)   |
| Koulutusohjelma   | Sähkötekniikka  |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Sähkövoimatekniikka   |
| Ohjaaja(t)  | Associate Markku Kuosmanen, Neste Jacobs Oy<br>Lehtori Eero Kupila, Metropolia Ammattikorkeakoulu |
| <p>Tässä insinöörityössä selvitettiin kustannusarvio-ohjelma Nestimatorin päivitystarpeita, päivittämisen kustannuksia sekä päivityksen tarpeellisuutta. Insinöörityö on tehty suunnittelutoimisto Neste Jacobs Oy:n toimeksiantona.</p> <p>Työssä tutustuttiin aluksi kustannusarvioinnin teoriaan ja käytäntöihin. Teoria osuuden kautta saatiin selvitettyä kustannusarvioiden eri toteutustapoja, mihin tarkoitukseen kustannusarvioita käytetään sekä millaisiin tarkkuuksiin eri arvioilla pyritään.</p> <p>Nestimatorin päivityksessä tavoitteena oli selvittää, mitä ja millaisia päivityksiä ohjelmaan olisi syytä tehdä ja miten ne toteutettaisiin. Tarkoitus oli myös tehdä arvio päivityksestä aiheutuvista kustannuksista sekä tutkia nykyisen ohjelman tarkkuutta, jotta saataisiin tietää onko päivitys tarpeellinen.</p> <p>Selvityksen lopputuloksena oli, että ohjelma nykyisessä muodossaan ei anna riittävän tarkkoja arvioita. Lisäksi ohjelman käyttö ei ole tarpeeksi helppokäyttöistä, johtuen tuotepakettien vähyydestä. Päivityksen kustannuksista todettiin, että arvioiden heittoihin nähden kustannukset jäisivät melko pieniksi.</p> |   |
| Avainsanat  | suunnittelu, kustannusarvio   |

|  |   |
|--|---|
| Author(s)<br>Title   | Lari Ilonen<br>A Study of an Update for Cost Estimating Program |
| Number of Pages<br>Date  | 27 pages + 2 appendices<br>8 May 2017                           |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Electrical Engineering  |
| Specialisation option  | Electrical Power Engineering                                    |
| Instructor(s)  | Markku Kuosmanen, Associate<br>Eero Kupila, Senior Lecturer     |
| <p>In this thesis, the updating needs of the cost estimating program Nestimator, the costs of the update and the need for the update were studied. The thesis was commissioned by the design office Neste Jacobs Oy.</p> <p>Initially, the theory and practices of the cost estimation were introduced. Through the theoretical part, different ways of implementing the cost estimates were clarified, for what purpose the cost estimates are used for and to what accuracy are aimed at with different estimates.</p> <p>In updating the Nestimator, the goal was to find out what kind of updates should be done and how to implement them. It was also intended to make an estimate of the costs of the updating and to investigate the accuracy of the current program to find out if the update is necessary.</p> <p>The results were that the program in its current form did not give sufficiently accurate estimates. In addition, the use of the program is not easy to use due to the lack of product packages. The cost of the update was found to be relatively small compared to the inaccurate results of the estimates.</p> |   |
| Keywords   | planning, cost estimating                                       |

## Sisällys

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto   | 1  |
| 2     | Neste Jacobs                                     | 1  |
| 3     | Yleisesti  | 2  |
| 3.1   | Kustannuksesta yleisesti                         | 2  |
| 3.2   | Arvioinnista yleisesti                           | 3  |
| 3.3   | Kustannusarvio                                   | 3  |
| 3.4   | AACE   | 4  |
| 4     | Projektin hallinta                               | 4  |
| 4.1   | Work Breakdown Structures                        | 4  |
| 4.2   | Toiminnanohjausjärjestelmä                       | 6  |
| 5     | Arvioinnin tavoitteet                            | 6  |
| 6     | Arviointityyppejä                                | 7  |
| 7     | Kulujen osatekijöitä                             | 12 |
| 7.1   | Suorat kulut                                     | 12 |
| 7.2   | Epäsuorat kulut                                  | 13 |
| 7.3   | Riskit   | 13 |
| 8     | Arvioinnin toteutustapoja                        | 14 |
| 8.1   | Kapasiteettikerroinmenetelmä                     | 14 |
| 8.2   | Suhde- ja kerroinmenetelmät                      | 15 |
| 8.3   | Yksikkökustannusmenetelmä                        | 16 |
| 9     | Kustannusarvio-ohjelma Nestimatorin päivitys     | 16 |
| 9.1   | Nestimatorin käyttäminen                         | 17 |
| 9.2   | Nestimatorin päivitys                            | 19 |
| 9.2.1 | Osien päivitys                                   | 19 |
| 9.2.2 | Pakettien päivitys                               | 20 |
| 9.3   | Päivityksen kustannukset                         | 22 |
| 9.4   | Päivityksestä aiheutuvan tarkkuuden parantuminen | 23 |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 10 | Yhteenveto                                       | 25 |
|    | Lähteet  | 27 |
|    | Liitteet   |    |
|    | Liite 1. Yksikkökustannusten päivityksen ohjelma |    |
|    | Liite 2. Kustannusvertailu                       |    |

## Käsitteet

|                    |  |
|--------------------|--|
| Repro              | Neste Jacobs:in toiminnanohjausjärjestelmä, jolla hallitaan varastoa, laskutusta ja kirjanpitoa                      |
| Bulk-materiaali    | Varastossa oleva irtotavara, joka ei hankintamäärittelyn mukainen tavara   |
| AACE               | the Association for the Advancement of Cost Engineering  |
| Layout suunnitelma | Sijoituspiirustus  |
| UPS-laitteisto     | <i>Uninterruptible Power Supply</i> , eli keskeytymätön virransyöttö jolla taataan virransyöttö lyhyissä katkoksissa |
| WBS                | Work Breakdown Structures, eli työnositus  |
| ERP-järjestelmä    | Enterprise Resource Planning, eli toiminnanohjausjärjestelmä   |

## 1 Johdanto

Kustannusten arviointi on tärkeä ja välttämätön osa suunnittelutyötä. Sen perusteella tehdään päätökset projektien toteutuksesta, rahoituksen saamisesta ja että kenelle projekti myönnetään. Hyvin tehty ja onnistunut kustannusarvio takaa yritykselle hyvän tuoton ja mahdollisesti lisää projekteja. Huonosti toteutettu arvio taas saattaa johtaa projektin menettämiseen tai taloudellisiin tappioihin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä selvitystyö kustannusarvio-ohjelma Nestimatorin päivityksestä. Työn tilaajana on Neste Jacobs Oy, joka haluaa päivittää ohjelman kustannustiedot nykyaikaan, taatakseen kustannusarvioiden tarkkuuden ja johdonmukaisuuden.

Päätavoitteena on selvittää, kuinka ohjelma saataisiin sellaiseen muotoon, että sen kustannustietoja ja tuotepaketteja olisi helpompi päivittää. Tavoitteena on myös arvioida päivittämisestä aiheutuvia kustannuksia ja tutkia kustannusarvioiden tarkkuuden paranemista päivitettyillä kustannustiedoilla.

Ohjelman kustannustietojen ja pakettien päivitystapaa selvitetään tutkimalla erilaisia toteutustapoja, työkaluja ja tietolähteitä. Päivityksen kustannukset arvioidaan tuntiarvion mukaan, eli kuinka monta tuntia menee itse ohjelmointityöhön ja muuhun työhön. Tarkkuutta tutkitaan vertailemalla ohjelman vanhoja kustannuksia nykyisiin kustannuksiin.

## 2 Neste Jacobs

Neste Jacobs on vaativien teknologia-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluiden ratkaisujen toimittaja. Sen asiakaskunta koostuu öljy-, kaasu-, biojalostus-, biokemian-, biofarma- ja elintarviketeollisuuden sekä teollisen infrastruktuurin (terminaalit, satamat, sähkönjakelu, vedenkäsittely ja tehdasautomaatio) yrityksistä. Sillä on toimipisteitä mm. Porvoossa, Naantalissa, Turussa, Kotkassa, Göteborgissa sekä Abu Dhabissa.

Neste Jacobs aloitti alun perin Neste Oy:n öljyjalostamon suunnitteluosastona. Se yhtiöitettiin vuonna 1999 ja tuolloin nimeksi muodostui Neste Engineering Oy. Vuonna

2004 Jacobs Engineering Inc:sta tuli yhtiön osakas ja uudeksi ja nykyiseksi nimeksi tuli Neste Jacobs.

Neste Jacobsilla on 60 vuoden kokemus uusien tehtaiden ja muiden suurien projektien suunnittelusta Euroopassa, Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, Aasiassa sekä Lähi-idässä. Neste omistaa 60% yhtiöstä ja Jacobs Engineering loput 40%. Neste Jacobs hankki 100% omistajuuden Rintekno Groupista vuonna 2008, ja nämä kaksi yhdistettiin yhdeksi organisaatioksi. Organisaatio työllistä tällä hetkellä noin 1300 henkilöä ja sen liikevaihto oli vuonna 2015 143,6 miljoonaa euroa. [8; 9.]

### 3 Yleisesti

#### 3.1 Kustannuksesta yleisesti

Kustannukset ovat oleellinen osa kaikessa ihmisen toiminnassa ja niiden tärkeys kasvaa lisääntyvän teknologian ja yhteiskunnallisten ongelmien laajenemisen takia. Kustannukset ovat liima, joka sitoo yhteen laajan valikoiman komponentteja yhdeksi rakenteeksi. Kun teknologia ja yhteiskunta kehittyy, tulee välttämättömäksi arvioida tarkemmin pysyäkseen kilpailukykyisenä. Ylimoitettu arvio voi olla liian korkea tarjouskilpailuun, kun taas alimitoitettu arvio voi voittaa, mutta lopputulos on tappiollinen. [1, s. 3.]

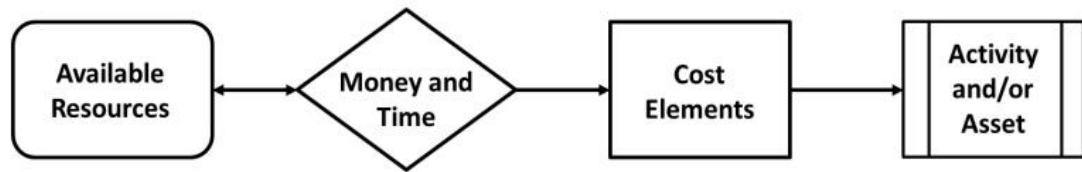
Kustannus on perusmittapuu, jolla toimintoja ja hyödykkeitä mitataan ja verrataan. Sanalla *kustannus* on niin yleisesti viitattu rahalliseen arvoon, että usein sen todellinen merkitys ja tärkeys insinööriyössä unohtuu. [3, s. 10.]

Hintaa ja kustannusta pidetään usein samana asiana, mutta on tärkeää osata tunnistaa näiden selkeät erot. Hinnalla tarkoitetaan sitä summaa, joka veloitetaan asiakkaalta tuotteesta tai urakan valmistumisesta. Hinta sisältää mm. suorat kulut, epäsuorat kulut, tuoton ja yleisvarauksen. Kustannus taas on urakoitsijalle aiheutuva kulu esimerkiksi tuotteesta tai palvelusta. [1, s. 366 - 367; 3, s. 19.]

Kustannus on toiminnon tai hyödykkeen arvo. Näiden arvo määrittyy siitä, paljonko resursseja kuluu toiminnon toteuttamiseen tai hyödykkeen hankkimiseen. Resurssit voidaan jakaa neljään osaan: työkalut/varusteet, työvoima, materiaali ja "muut". Vaikka raha ja aika ajatellaan usein resurssina, ne vain mahdollistavat ja/tai rajoittavat aiem-



min mainittuja fyysisiä resursseja. Lopullinen toiminto tai hyödyke riippuu siitä, kuinka paljon rahaa ja aikaa projektiin käytetään. [3, s. 10.]



Kuva 1 Resurssien muutos hyödykkeeksi/toiminnoksi [3]

### 3.2 Arvioinnista yleisesti

Arviointi on avain onnistuneesti suunniteltuun, johdettuun ja suoritettuun projektiin. Arviointi ei ole rajoitettu pelkästään rakentamiseen vaan on pikemminkin perustyökalu projekteissa, jossa halutaan hallita kustannuksia sekä aikaa.

Kuten termi viittaa, arviointi on likiarvoistamista ja se antaa vastauksia merkittävästi alle 100 prosentin tarkkuudella. Toisin kuin kaavoihin ja yhtälöihin perustuvat laskelmat, arviointi on epätarkkaa eikä sitä voida pelkistää sarjaan matemaattisia lausekkeita. Käyttäjän on tärkeää ymmärtää nämä arvioimisen rajalliset tarkkuudet sekä mahdolliset vaihtelut. [1, s. 363]

### 3.3 Kustannusarvio

Kustannusarviointi on olennaisen tärkeä minkä tahansa projektin kustannus- ja aikatauluohjelmalle. Ensiarvoisen tärkeää projektin onnistumiselle on kustannusarvion aukottomuus ja yhtenäisyys. Tämä saavutetaan käyttämällä asianmukaisia kustannusarvioinnin menetelmäoppeja. Kustannusarviosta tulee budjetin, resurssien ja kehityksen ja aikataulun seurannan perusta projektin toteutuksen aikana. [3, s. 90.]

Kustannusarvio voidaan määritellä niin, että siihen on koottu projektin kaikkien osatekijöiden kustannukset, jotka kuuluvat hankkeen sovittuun laajuuteen. Toimittajalle tämä on todennäköisesti se kustannus, joka vaaditaan projektin valmiiksi saattamiseen. Toimittajan kustannukset sisältävät toimittajan sisäiset kustannukset sekä aliurakoitsijan, laitetoimittajien ja kolmansien osapuolien kustannukset. [1, s. 363 - 364.]

Ideaali arvio antaa pienimmän valmistuskustannuksen mitä se käytännössä voi olla, mutta arvio ei ikinä takaa sitä että lopullinen kustannus tulee olemaan sama kuin arvio. Kustannuksen tarkkuus riippuu arvion yksityiskohdista, tarkoitusperistä sekä ennakkotiedon luotettavuudesta. Käytännössä arvion tarkkuus paranee, mitä yksityiskohtaisimpia laskelmat ovat. [4, s. 95.]

### 3.4 AACE

AACE (the Association for the Advancement of Cost Engineering) on vuonna 1956 perustettu voittoa tavoittelematon järjestö ja sen perusti 56 kustannusarvioijaa ja -insinööriä. Sillä on maailmanlaajuisesti yli 8 800 jäsentä ja sen jäseniin kuuluu kokonaiskustannusten hallinnan ammattilaisia aloilta kuten: kustannustekniikka, kustannusarvointi, projektin hallinta, kustannusten ja aikataulujen hallinta, päätösten ja riskien hallinta yms.

AACE tarjoaa kustannusarvointi menetelmiä, tuottaa kirjallisia julkaisuja, teknistä neuvontaa, tapahtumia sekä myöntää erilaisia ammatillisia sertifikaatteja. Sertifikaatteja on kahdeksan erilaista ja niitä ovat mm. *sertifioitu kustannusteknikko* sekä *päätös & riskienhallinnan ammattilainen*. [10.]

## 4 Projektin hallinta

Kuten aikaisemmin todettiin, kustannusten arvointi on tärkeä osa projektin hallintaa. Tässä kappaleessa käydään läpi lyhyesti projektin hallintaa, jossa pääaiheita ovat WBS, eli työnositus, sekä ERP-järjestelmä, eli toiminnanohjausjärjestelmä.

### 4.1 Work Breakdown Structures

A Guide to the Project Management Body of Knowledge -kirjassa WBS määritellään seuraavanlaisesti:

" a deliverable-oriented hierarchical decomposition of the work to be executed by the project team to accomplish the project objectives and create the required deliverables. It organizes and defines the total scope of the project. Each descending level represents an increasingly detailed definition of the project work. The WBS is decomposed into work packages."

Tämän määritelmän mukaan on selvää, että WBS antaa yksiselitteisen esityksen suoritettujen töiden tavoitteista ja toimituksista. Se kuvaa selkeästi hankkeen laajuutta, toimituksia ja tuloksia, eli mistä projekti koostuu. WBS ei kuitenkaan ole seloste prosesseista, joita toteutetaan projektin suorittamiseksi, eikä se ole aikataulu sille miten ja milloin suoritteet valmistuu. WBS on siis rajoitettu kuvaamaan ja tarkentamaan projektin tuloksia tai laajuutta. WBS on perustavanlaatuinen osa projektinhallintaa ja täten sillä on olennainen vaikutus muihin projektin hallinnan prosesseihin, kuten esimerkiksi toiminnan määrittelyihin, projektin ja ohjelman aikatauluihin, suoritusraportteihin, riskianalyysihin sekä projektiorganisaatioon. [5, s. 12]

Neste Jacobs käyttää myös WBS rakennetta. Neste Jacobsin ohjeissa todetaan, että osituksen tarkoitus on jakaa projektikonaisuus pienempiin hierarkisesti järjestettyihin osiin, joita voidaan yksilöllisesti hallita, kontrolloida ja raportoida sekä paremmin että tarkemmin. Ositusrakenne mahdollistaa myös eri projektien kustannusarvioiden, kustannusraporttien ja aikataulujen järjestämisen ja yhdistämisen suoritusmittausta, analysointia ja ennustamista varten. Ositusrakennetta on osittain esitetty taulukko 1:ssä. Neste Jacobsin toiminnanohjausjärjestelmässä, eli Reprossa, käytetään samaa standardiositusrakennetta. [7.]

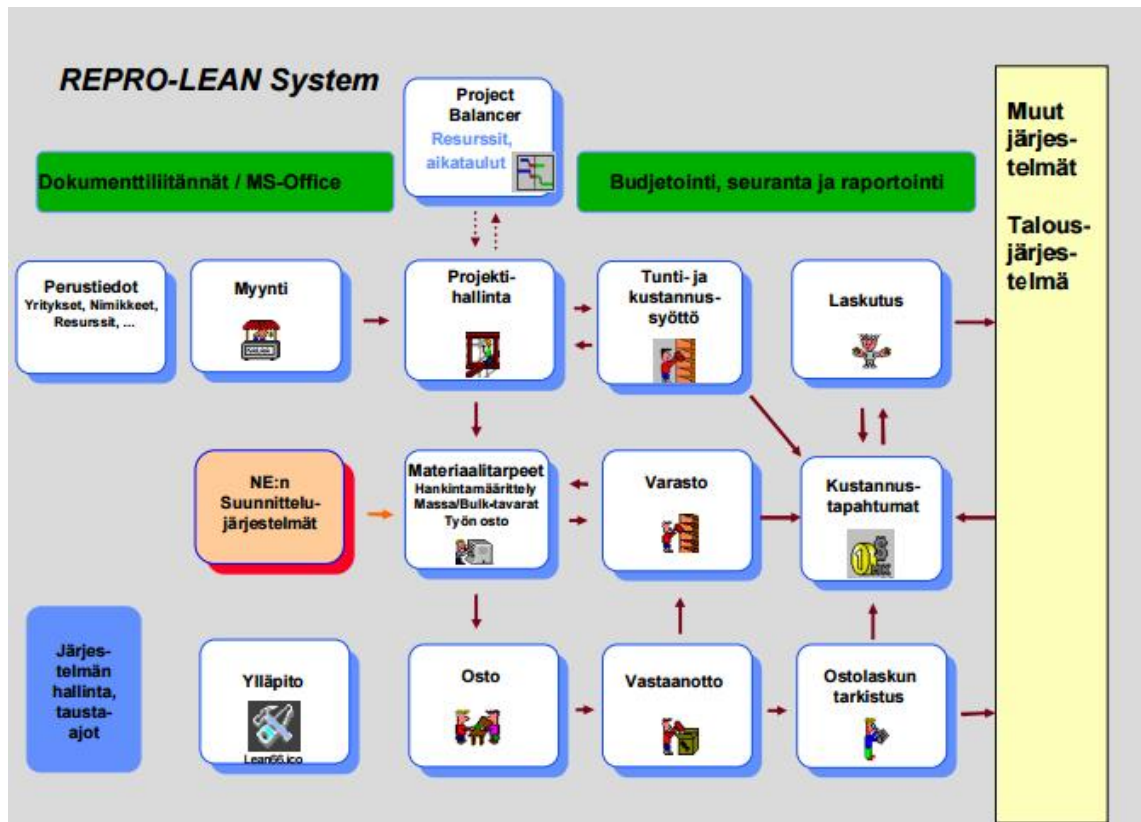
**Taulukko 1 Osa Neste Jacobsin WBS rakenteesta [7.]**

|                                 |                             |                                |  |                                       |                          |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|
| <div>← KIINTEÄ KUSTANNUS</div>  |                             | <div>INVESTOINTI →</div>       | <div>PS Proje<br/>No<br/>Standar</div> |                                       |                          |
| KUSTANNUSSUUNN.&BU<br>LUETOINTI | Projektikompassi            |                                | Top WBS                                |                                       |                          |
|                                 | -ST                         | -BD                            | -A1                                    | -A2                                   | -B1                      |
|                                 | Selvitys                    | Perus-<br>suunnittelu          | Toteutus-<br>suunnittelu               | Toteutusvalvonta                      | Laitteet                 |
|                                 | 10                          | 110                            | 1100                                   | 1200                                  | 2100                     |
|                                 | Esiselvitys                 | Projektin johto                | Projektin johto                        | Prosessisuunnittelun<br>kennävalvonta | Lämmönvaihtimet          |
|                                 | 20                          | 120                            | 1105                                   | 1210                                  | 2200                     |
|                                 | Toteutetta-<br>vuusselvitys | Prosessisuun.                  | Projekti ohjaus                        | Sähkötyövalvonta                      | Prosessisäiliöt          |
|                                 | 30                          | 130                            | 1110                                   | 1220                                  | 2300                     |
|                                 | HSE Selvitys                | Mekaaninen ja<br>putkistosuun. | Prosessi-<br>suunnittelu               | Instrumenttityöval-<br>vonta          | Kolonnit ja<br>reaktorit |
|                                 |                             | 140                            | 1120                                   | 1230                                  | 2400                     |
|                                 | Sähkösuun.                  | Sähkösuunnittelu               | Mekaaninen/putki-<br>työvalvonta       | Uunit ja<br>kuumentimet               |                          |

## 4.2 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä, eli ERP, on integroitu, modulaarinen tietojärjestelmä, joka yhdistää yrityksen eri toiminnot yhdeksi hallittavaksi kokonaisuudeksi. Toiminnanohjausjärjestelmä on käännös englanninkielisestä sanasta Enterprise Resource Planning System ja siitä käytetäänkin usein lyhennettä ERP. [11.]

Repro on Neste Jacobs:lle räätälöity toiminnanohjausjärjestelmä, johon kerätään projektien materiaali- ja tuntitiedot. Tuntitiedot syötetään jokaiselle projektille suunnittelija-kohtaisesti käyttäen niille määrättyä aktiviteettitunnusta. Materiaalitiedot syötetään Repron perussuunnittelun tietojen perusteella. [12.]



Kuva 2 Repron toimintakaavio [12.]

## 5 Arvioinnin tavoitteet

*Jelen's cost and optimization engineering* -kirjassa, tavoitteita listattaessa, arviot on jaettu kahteen ryhmään: *Alustava arvio* ja *yksityiskohtainen arvio*. Tämän pohjalta tavoitteet on listattu seuraavanlaisesti:

"Alustava arvio:

- käyttökelpoisuuden tutkiminen
- mallien ja taloudellisten tutkimusten saaminen
- rahoituksen hankkiminen
- viranomaislupien ja hyväksynnän saaminen

Yksityiskohtainen arvio:

- rahoituksen saaminen
- tarjouspyyntöjen valmistelu
- käypä arvon arvio tarjousarviointiin
- muutosten ja lisätyömääräysten valmistelu
- oikeusvaatimuksen tukeminen" [1, s. 372.]

Kustannusarvion painoarvo on sen tarkkuudessa, joka riippuu siitä kuinka huolellisesti se on valmisteltu. Huolimattomasti valmistetut arviot ovat vahingollisia organisaatiolle tai voi jopa johtaa yhtiön konkurssiin.

Jos kustannusarviota käytetään tavoitekustannuksena, tulee sen olla enemmän liian alhainen kuin todellinen kustannus. Tehtaan on tehokkaampaa pyrkiä alhaisen kustannuksen tavoitteeseen, kuin että saada kustannusta reilusti alle ylimitoitettun tavoitteen. [4, s. 96.]

## **6 Arviointityyppejä**

Arviointityyppien luokittelulla pyritään kuvaamaan niiden valmiusastetta ja laatua, ja suurin osa organisaatioista käyttää jonkinlaista luokittelusysteemiä erottelemaan erilaiset kustannusarviotyytit toisistaan. AACE jakaa arviointityypit viiteen eri luokkaan ja eri luokat erotellaan toisistaan viidellä eri kuvaavalla erityispiirteellä. Näitä erityispiirteitä ovat:

- valmiusaste
- käyttötarkoitus
- arviointitapa
- arvion tarkkuus
- arvion tekemiseen tarvittava työn määrä

[3, s. 91.]

Taulukossa 2 on taulukoitu nämä luokat ja niiden erityispiirteet. Luokan 1 arvio on siis tarkin ja projekti on jo edennyt loppusuoralle kun taas luokan 5 on epätarkin ja sijoittuu projektin alkuvaiheille.

**Taulukko 2 Arviointityyppien luokittelutaulukko**[3, s. 92.]

|                       | <i>Primary Characteristic</i>   | <i>Secondary Characteristic</i>                 |   |   |  |
|-----------------------|---|---|---|---|--|
| <b>ESTIMATE CLASS</b> | <b>MATURITY LEVEL OF PROJECT DEFINITION DELIVERABLES</b><br>Expressed as % of complete definition | <b>END USAGE</b><br>Typical purpose of estimate | <b>METHODOLOGY</b><br>Typical estimating method | <b>EXPECTED ACCURACY RANGE</b><br>Typical +/- range relative to index of 1 (i.e. Class 1 estimate) <sup>[a]</sup> | <b>PREPARATION EFFORT</b><br>Typical degree of effort relative to least cost index of 1 <sup>[b]</sup> |
| <b>Class 5</b>        | 0% to 2%  | Screening or feasibility                        | Stochastic (factors and/or models) or judgment  | 4 to 20   | 1  |
| <b>Class 4</b>        | 1% to 15%   | Concept study or feasibility                    | Primarily stochastic                            | 3 to 12   | 2 to 4   |
| <b>Class 3</b>        | 10% to 40%  | Budget authorization or control                 | Mixed but primarily stochastic                  | 2 to 6  | 3 to 10  |
| <b>Class 2</b>        | 30% to 75%  | Control or bid/tender                           | Primarily deterministic                         | 1 to 3  | 5 to 20  |
| <b>Class 1</b>        | 65% to 100%   | Check estimate or bid/tender                    | Deterministic                                   | 1   | 10 to 100  |

Notes: [a] If the range index value of "1" represents +10/-5%, then an index value of 10 represents +100/-50%.

[b] If the cost index value of "1" represents 0.005% of project costs, then an index value of 100 represents 0.5%.

Tyypillisesti projektin omistajat, eli organisaatio joka on vastuussa projektin investoinneista, huolehtivat luokkien 3-5 arvioista. Useimmat isot investointiprojektit perustavat investointipäätöksensä luokan 3 arvioihin, joiden tulisi taata riittävän tarkka arvio projektiin sitoutumiselle. Useimmiten luokkien 4 ja 5 arviot tekee projektin omistava taho itse, mutta ne voivat olla myös urakoitsijoiden tai muiden kolmannen osapuolien tekemiä. Yleisesti projektin omistavat tahot eivät tee luokan 3 arvioita itse, koska niiden valmistelu vaatii paljon resursseja. Projektin omistavan organisaation tulee ottaa kui-

tenkin lopulta vastuun näistä arvioista, vaikka ne olisivat jonkun muun tekemiä, sillä he ovat vastuussa hankkeen rahoituksesta. [3, s. 92.]

AACE on luonut myös tarkemman version prosessiteollisuudelle (taulukko 3. ks. seur. s.). Tässä luokittelussa prosessiteollisuudella tarkoitetaan kemian, petrokemian, sellun ja paperin ja hiilivedyn valmistusprosesseja. Näitä yhdistää projektin laajuutta arvioitaessa riippuvuus prosessikaavioista sekä putkitus- ja instrumentointikaavioista. Myös Neste Jacobs:in luokittelusysteemi perustuu tähän. [3, s. 92.]

**Taulukko 3 Arviointityyppien luokittelutaulukko prosessiteollisuudelle [3, s. 93.]**

| ESTIMATE CLASS | Primary Characteristic   | Secondary Characteristic                 |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
|                | MATURITY LEVEL OF PROJECT DEFINITION DELIVERABLES<br>Expressed as % of complete definition | END USAGE<br>Typical purpose of estimate | METHODOLOGY<br>Typical estimating method                   | EXPECTED ACCURACY RANGE<br>Typical variation in low and high ranges <sup>[a]</sup> |
| Class 5        | 0% to 2%   | Concept screening                        | Capacity factored, parametric models, judgment, or analogy | L: -20% to -50%<br>H: +30% to +100%  |
| Class 4        | 1% to 15%  | Study or feasibility                     | Equipment factored or parametric models                    | L: -15% to -30%<br>H: +20% to +50%   |
| Class 3        | 10% to 40%   | Budget authorization or control          | Semi-detailed unit costs with assembly level line items    | L: -10% to -20%<br>H: +10% to +30%   |
| Class 2        | 30% to 75%   | Control or bid/tender                    | Detailed unit cost with forced detailed take-off           | L: -5% to -15%<br>H: +5% to +20%   |
| Class 1        | 65% to 100%  | Check estimate or bid/tender             | Detailed unit cost with detailed take-off                  | L: -3% to -10%<br>H: +3% to +15%   |

Notes: [a] The state of process technology, availability of applicable reference cost data, and many other risks affect the range markedly. The +/- value represents typical percentage variation of actual costs from the cost estimate after application of contingency (typically at a 50% level of confidence) for given scope.

AACE on myös tehnyt tarkistustaulukon joissa ilmoitetaan vaatimukset kullekin luokalle (taulukko 4, ks. seur. s.):



Taulukko 4 Prosessiteollisuuden luokkien tarkastuslista [S&amp;K6]

| ESTIMATE CLASSIFICATION                            |         |             |             |          |          |
|--|---------|-------------|-------------|----------|----------|
| General Project Data:                              | CLASS 5 | CLASS 4     | CLASS 3     | CLASS 2  | CLASS 1  |
| Project Scope Description                          | General | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Plant Production/Facility Capacity                 | Assumed | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Plant Location                                     | General | Approximate | Specific    | Specific | Specific |
| Soils and Hydrology                                | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Integrated Project Plan                            | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Project Master Schedule                            | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Escalation Strategy                                | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Work Breakdown Structure                           | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Project Code of Accounts                           | None    | Preliminary | Defined     | Defined  | Defined  |
| Contracting Strategy                               | Assumed | Assumed     | Preliminary | Defined  | Defined  |
| Engineering Deliverables:                          |         |             |             |          |          |
| Block Flow Diagrams                                | S/P     | P/C         | C           | C        | C        |
| Plot Plans   |         | S           | P/C         | C        | C        |
| Process Flow Diagrams (PFDs)                       |         | S/P         | P/C         | C        | C        |
| Utility Flow Diagrams (UFDs)                       |         | S/P         | P/C         | C        | C        |
| Piping & Instrument Diagrams (P&IDs)               |         | S           | P/C         | C        | C        |
| Heat & Material Balances                           |         | S           | P/C         | C        | C        |
| Process Equipment List                             |         | S/P         | P/C         | C        | C        |
| Utility Equipment List                             |         | S/P         | P/C         | C        | C        |
| Electric One-Line Drawings                         |         | S/P         | P/C         | C        | C        |
| Specifications & Datasheets                        |         | S           | P/C         | C        | C        |
| General Equipment Arrangement Drawings             |         | S           | P/C         | C        | C        |
| Spare Parts Listings                               |         |             | S/P         | P        | C        |
| Mechanical Discipline Drawings                     |         |             | S           | P        | P/C      |
| Electric Discipline Drawings                       |         |             | S           | P        | P/C      |
| Instrumentation/Control System Discipline Drawings |         |             | S           | P        | P/C      |
| Civil/Structural/Site Discipline Drawings          |         |             | S           | P        | P/C      |

Suoritteiden valmiusaste on kuvattu seuraavilla kirjaimilla:

- Tyhjä: suoritetta ei ole vielä aloitettu
- S (started/aloitettu): Suorite on aloitettu. Koostuu vasta karkeista hahmotelmista
- P (preliminary/alustava): Suorite on jo melko edistynyt. Ne voivat olla tarkastusta ja hyväksyntää vaille valmiita
- C (complete/valmis): Suorite on tarkastettu ja hyväksytty asianmukaisesti.

[3, s. 94.]



Taulukko 5 Neste Jacobs'in tarkastustaulukko sähkösuunnittelun osalta

| NJ Cost Estimation Deliverables Matrix   |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
| ESTIMATE CLASSES:                        | Class V  | Class IV   | Class III  | Class II  | Class I                                    |
| DESCRIPTIONS:                            | Order of Magnitude Estimate                        | Preliminary Estimate                                       | Budget Estimate  | Control Estimate                                      | Definitive Estimate                        |
| PROJECT STAGE:                           |  |  |  |   |  |
| ALSO CALLED:                             | Curve Quality Estimate or Cost Capacity Estimate   | Equipment Factored Estimate or Conceptual Estimate         | Conceptual Estimate  | Project Estimate                                      | Detailed Estimate or Check Estimate        |
| TYPICAL PURPOSE:                         | Early cost indication/planning                     | Studies/Planning/Evaluate alternative processes            | Studies/Planning/Some AFEs   | AFE Estimates/Cost-Plus Bids                          | Lump Sum Bids                              |
| METHOD OF PREPARATION:                   | Cost-Capacity Curves, historical or published data | TIC factored from equipment cost using Lang/Gutrie factors | Estimating programs with minor amount of manual estimating. Equipment pricing based on quotes. | Manual estimating. Equipment pricing based on quotes. | Primarily manual, using in-house programs. |
| NJ Cost Estimate ACCURACY RANGE:         | 50 % / -30 %                                       | 35 % / -20 %   | 25 % / -15 %   | 15 % / -10 %  | 10 % / -5 %                                |
| <b>ELECTRICAL</b>                        | <b>V</b>   | <b>IV</b>  | <b>III</b>   | <b>II</b>   | <b>I</b>                                   |
| Electrical Equipment List                |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical User Load List                |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical Layouts/Sketches              |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical Equipment and motor schedules |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Cable Schedule                           |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical Equipment Pricing             |  |  | EST / PROC   | EST / PROC  | EST / PROC                                 |
| Electrical One-Line Drawings             |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical Bulk MTOS                     |  |  | ENG  | ENG   | ENG  |
| Electrical Bulk-Pricing                  |  |  | EST / PROC   | EST / PROC  | EST / PROC                                 |
| Electrical Manhours                      |  |  | EST / ENG  | EST / ENG   | EST / ENG                                  |

Neste Jacobs'in luokittelusysteemi pohjautuu siis AACE:n käyttämään luokitteluun (viisi luokkaa), mutta niiden tarkkuudessa on eroavaisuuksia. Käytännössä kuitenkin Neste Jacobs:ssa sähkösuunnittelun kustannusarviot jaetaan kolmeen ryhmään: *esiselvitysarvio*, *selvitysarvio* ja *perussuunnitteluarvio*.

Esiselvitysarvio laaditaan päälaitteiden hintojen pohjalta Projektiohjauksen toimesta, Projektiohjauksen omia työkaluja käyttäen tai aikaisemmin toteutettujen vastaavien projektien laitekustannuksia. Jos kohteessa ei ole merkittäviä päälaitteita, voidaan arviointiin käyttää alustavaa layout suunnitelmaa tai alustavia materiaaliluetteloita. Epäsuorat kustannukset, kuten teknologiatyö, arvioidaan prosenttiosuuksina historiatiedon perusteella. Esiselvitysarvion tarkkuus on  $\pm 40\%$ . [6.]

Selvitysarviossa laitteiden hinnoittelussa käytetään toimittajien budjettitarjouksia, vastaavien laitteiden hankintahintoja sekä yhtiön sisäisiä hinnoittelutyökaluja. Bulk-materiaalit, hinnoitellaan alustavien materiaaliluetteloiden pohjalta sisäisillä hinnoittelutyökaluilla. Nämä hinnoittelutyökalut sisältävät asennustunnit sekä -kustannukset. Arvion tulee myös kattaa kustannuksia, joita ei voida vielä tässä vaiheessa projektia suunnitella, mutta joita tiedetään kokemuseräisesti tulevan. Kunkin suunnittelualan ja osaston, esimerkiksi sähkösuunnittelun, suunnittelija on vastuussa tietojen oikeellisuudesta. Selvitysarvion tarkkuus on  $\pm 20\%$  uudiskohteissa ja  $-25\%$  muutostyökohteissa. [6.]

Perussuunnitteluarviossa laitetiedot ovat jo tarkentuneet siihen pisteeseen, että voidaan pyytää sitovia tarjouksia jo luotettavilta toimittajilta. Hyvin tunnettujen laitteiden osalta voidaan käyttää edelleen sisäisiä hinnoittelutyökaluja yhdistettynä vertailutietoon aikaisemmin hankituista vastaavista laitteista. Bulk-materiaalit ja asennuskustannukset

perustuvat tarkennettuihin materiaaliluetteloihin ja hinnoitellaan kuten selvitysarviossa. Teknologiatyö arvioidaan osastoittain ja ne perustuvat dokumentteihin. Saatuja tuntimääriä ja niiden jakaumia verrataan historiatietoon vastaavista kohteista. Myös perussuunnitteluarviossa osastojen vastaava suunnittelija vastaa tietojen oikeellisuudesta. Perussuunnitteluarvion tarkkuus on  $\pm 10\%$  uudiskohteissa ja  $-15\%$  muutostyökohteissa. [6.]

Neste Jacobs on listannut seuraavanlaisia syitä kustannusarvioiden epäonnistumiselle:

1. Projektin todennäköistä laajuutta ei ole huomioitu
2. Analyysin mahdollisia riskejä ei huomioida
3. Epärealistiset, optimistiset oletukset
4. Matala indeksisidonnaisuus
5. Arviot on tehty perusvuoden valuutta-arvolla
6. Arviota ei ole laadittu tarpeeksi rehellisesti
7. Arvio ei sisällä tarpeeksi tuottoa
8. Ei riittävästi aikaa luotettavan arvion laatimiseen

76% epäonnistumisista / kustannusten kasvusta johtuu kohdista 1, 2 ja 3 [13.]

## **7 Kulujen osatekijöitä**

### **7.1 Suorat kulut**

Suorat kulut ovat niitä resursseja, joita käytetään vain toiminnon tai hyödykkeen valmistamiseen. Suorat kulut sisältävät materiaalikustannukset, työvoimakustannukset ja laitteistokustannukset. [3, s. 24.]

Työvoimakulut tarkoittaa henkilöstölle maksettujen palkkojen summaa suoritettua työstä projektin aikana, esimerkiksi puusepille, muurareille ja maalareille. Työvoimakulut voidaan jakaa kahteen pääosatekijään: peruspalkka ja sivukustannukset, jotka sisältävät mm. verot, vakuutukset jne. Eli siis lain vaatimat maksut sekä myös luontaisedut. Sivukustannusten osuutta ei aina sisällytetä kokonaistyövoimakuluihin, sillä se on riippuvainen tehdyistä tuntimääristä. [1, s. 375.]

Materiaalikustannukset yleensä sisältävät projektiin liittyvien materiaalien ja osien hinnat. Joissain tapauksissa arvioijan täytyy pyytää materiaalihinnat valmistajalta ja tavarantoimittajalta. Muissa tapauksissa valmistajat ja tavarantoimittajat jakavat hinnastot urakoitsijoille, joiden he tietävät osallistuvan projektiin. Suurin osa urakoitsijoista sisällyttää toimituskulut suoriin kuluihin ja verot epäsuoriin kuluihin. [1, s. 375.]

Tarvikekuluihin sisältyvät laitteistojen kulut, joita urakoitsija käyttää urakassaan, esimerkiksi kaivinkoneet, nosturit ja puskutraktorit. Tarvikekulut voidaan laskea eri tavoin, riippuen siitä vuokraako vai omistaako urakoitsija käytetyn laitteiston. Jos laitteisto vuokrataan, niin se sisältää vuokraushinnan sekä polttoaineen kulut. Jos taas urakoitsija omistaa laitteiston, niin silloin nuo kulut sisältävät omistuskustannukset sekä käyttökustannukset. Omistuskustannuksia ovat mm. sijoitukset, vakuutukset ja arvonalenemiset. Käyttökustannuksiin taas kuuluvat polttoaine, huolto ja korjaukset. [1, s. 375.]

## 7.2 Epäsuorat kulut

Epäsuorat kulut ovat kuluja, jotka hyödyttävät projektin valmistumista, mutta ovat osa muita toimintoja. Epäsuorat kulut sisältävät valvojen ja tarkastajien palkat, myynti- ja jakelukulut, viranomaiskustannukset ja epäsuorien materiaalien kustannukset, esimerkiksi öljyt, jäähdytysnesteet yms. [4, s. 100.]

## 7.3 Riskit

Tuotto on summa, jonka urakoitsija on sisällyttänyt arvioonsa, korvauksena ottamasta riskistä ja vaivannäöstä toteuttaessaan hankkeen. Se on yleensä ylijäämä jäljellä olevasta summasta, kun urakoitsija on täyttänyt kaikki projektin kustannukset. Tuoton määrä on hyvin subjektiivinen käsite ja siihen yleensä vaikuttaa kilpailu, projektin tarpeellisuus, työmarkkinat, paikalliset olosuhteet sekä talous. [1, s. 376.]

Kustannusarvioinnissa on aina epävarmuutta, sillä arviot perustuvat oletettuihin kustannusten ja tuottavuuden lukuihin, joihin liittyy suuriakin vaihteluita. Muitakin riskitekijöitä esiintyy, kuten sää, työvoimaongelmat ja kuljetusvaikeudet. Näin ollen kustannukset saattavat olla arviota pienemmät tai, useimmiten, suuremmat. Koska urakoitsija ei voi hinnoitella sopimusta kattamaan kaikkia kuluja, tarvitaan jonkinlaista suojaa. Näissä tapauksissa johto määrittelee epävarmuuskertoimen, subjektiivisen ja riskianalysoinnin avulla. Tätä kutsutaan yleisvaraukseksi. [1, s. 376.]

Yleisvarausta ei ole tarkoitettu kattamaan asiakkaan lisätöitä tai projektin laajuuden muutoksia, eikä sitä ole tarkoitettu kattamaan esimerkiksi onnettomuuksia, lakkoja, materiaalipuutteita tai katastrofeja. [6.]

## 8 Arvioinnin toteutustapoja

Kustannusarvioinnin tekemiseen on useita eri toteutustapoja, jotka perustuvat aikaisempiin toteutettuihin projekteihin tai projektin komponenttien kustannuksiin. Monilla yhtiöillä on laajat arkistot kustannustietoja aikaisemmista projekteista. Julkisia hinnastoja on myös runsaasti, mutta niiden tarkkuus on vaihtelevaa. [1, s. 376.]

Arvion toteutustavat voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään, konseptuaalinen ja yksityiskohtainen. Konseptuaalisessa arviossa muuttujat eivät ole selkeitä määriä joltain tavaraa vaan niissä usein käytetään erilaisia kertoimia, jotka perustuvat pääteltyihin tai tilastollisiin yhteyksiin kustannuksien ja muuttujien välillä. [3, s. 94]

Konseptuaaliset arviot ovat tyypillisesti AACE luokkien 5 ja 4 arvioita. Niitä usein sanotaan "suuruusluokka-arvioiksi", viitaten niiden tyypillisesti laajaan tarkkuusalueeseen. Niillä saadaan melko nopeasti pääteltyä projektin suurpiirteinen kustannus. Konseptuaalisen toteutustavan arvioita on monenlaisia ja yleisimmin käytettyjä ovat mm. *kerroinmenetelmä*, *kapasiteettikerroin* sekä *parametrinen mallinnus*. [3, s. 95]

Yksityiskohtaisissa arvioissa muuttujat ovat enemmän tai vähemmän suoria määriä tavaraa, toisin sanoen, tavarank lukumäärä kerrottuna yksikkökustannuksella. Yksityiskohtaisissa arvoissa vaaditaan suurta tarkkuutta määrittäessä hinnoittelua, määriä sekä valmiusastetta [3, s.95]

Toteutustapojen nimet ja termit vaihtelevat lähteistä riippuen, mutta perusperiaatteet ovat useimmiten samat.

### 8.1 Kapasiteettikerroinmenetelmä

Kapasiteettikertoimella toteutettu arvio on arvio, jossa uuden laitoksen kustannukset saadaan johdettua samanlaisen laitoksen (jonka kapasiteetti tiedetään) kustannuksista. Se perustuu kustannusten ja kapasiteettien epälineaariseen suhteeseen. Toisin sanoen

en, kustannusten välinen suhde kahden samanlaisen laitoksen välillä, joilla on eri kapasiteetti, on yhtä suuri kuin kapasiteetin suhde kerrottuna eksponentilla:

**Kaava 1 Kapasiteettikerroin [3, s. 96.]**

$$\$B/\$A = \left(\frac{Cap_B}{Cap_A}\right)^e$$

Jossa SB ja SA ovat kahden samanlaisen laitoksen kustannukset ja  $Cap_A$  ja  $Cap_B$  ovat näiden laitosten kapasiteetit. Tästä saadaan johdettua seuraava kaava:

**Kaava 2 Kapasiteettikerroin [3, s. 97.]**

$$\$B = \$A \left(\frac{Cap_B}{Cap_A}\right)^e$$

Jossa SB on uuden laitoksen arvioitu kustannus, SA tunnetun samanlaisen laitoksen kustannus,  $Cap_B$  on uuden laitoksen kapasiteetti,  $Cap_A$  on samanlaisen laitoksen kapasiteetti ja e on eksponentti. Eksponentti e yleensä sijoittuu välille 0,5-0,85 riippuen laitoksen tyypistä. [3, s. 96 - 97.]

## 8.2 Suhde- ja kerroinmenetelmät

Suhteellisuus- tai kerroinarviomenetelmiä käytetään tilanteissa, joissa kohteen tai laitoksen kokonaiskustannukset voidaan luotettavasti arvioida ensisijaisen komponentin kustannuksista. Tällaista menetelmää käytetään usein prosessi- ja kemikaalilaitosten kustannusarvioissa, eli laitoksissa joissa suurimmat kustannukset koostuvat erikoisprosessilaitteista. Tätä kutsutaan myös usein laitteistokerroinarvioksi.

Laitteistokerroinarvioita käytetään prosessilaitteistojen kustannusten arvioimiseen, joissa laitoksen rakentamiseen käytetyt työvoiman ja bulk-materiaalien kustannukset korreloivat päälaitteistojen kustannusten kanssa. Tyypillisesti tämä arviointimenetelmä perustuu periaatteeseen, jonka mukaan laitteiden kustannusten ja siihen liittyvien ei-laitteiden kohteiden kustannusten välillä on olemassa jonkinlainen suhde. Kerroinmenetelmille on monenlaisia eri toteutustapoja, kuten esimerkiksi Lang-kerroin ja parametrisen arviointi. Käytännössä nämä ovat samalla periaatteella toteutettuja, mutta niissä lisätään tarkennuksia parantamaan arvioiden tarkkuutta ja eri kustannuselementtien tunnistamista. [1, s. 381 - 382; 3, s. 99.]

### 8.3 Yksikkökustannusmenetelmä

Yksikkökustannusmenetelmä on yksi yleisimpiä lähestymistapoja yksityiskohtaisissa arvioissa. Tällaisessa arviointitavassa voidaan käyttää niin sanottuja "paljaita" yksikkökustannuksia tai kokonaiskustannuksia. Esimerkkejä paljaista yksikkökustannuksista ovat työhön kohdistuvat palkkakustannukset, hankitut materiaalikustannukset paino- tai tilavuusyksikköä kohden ja koneen kustannukset kappaleittain. Kokonaiskustannuksilla taas tarkoitetaan esimerkiksi valmistetun teräsrakenteen kustannus painoyksikköä kohden, varastosäiliön kustannus tilavuuden yksikköä kohden tai putkilinjan asennuskustannuksia halkaisijan ja pituuden mukaan. [1, s. 379.]

Yksikkökustannusmenetelmää käytetään siis yksityiskohtaisissa arvioissa, eli AACE:n luokkien 1, 2 ja 3 kustannusarvioissa. Tähän menetelmään perustuu myös Nestimator, joten sähkösuunnittelun esiselvitys-, selvitys- ja perussuunnitteluarviot tehdään tällä periaatteella.

## 9 Kustannusarvio-ohjelma Nestimatorin päivitys

Nestimator on Neste Jacobs:in sähköosastolle tehty ja sen käytössä oleva kustannusarvio-ohjelma, joka on alunperin toteutettu Microsoft Access-ohjelmalla. Myöhemmin siihen kehitettiin oma käyttöliittymänsä käyttäen Visual Basic for Applications-ohjelmaa, kun haluttiin olla riippumattomia Microsoftin turvallisuuspäivityksistä. Ohjelman tietokantana käytetään nykyäänkin Access -tiedostoa.

Microsoft Access on ohjelma jolla voidaan luoda työpöytä-tietokantoja. Se kuuluu Microsoftin Office -pakettiin ja sillä voidaan luoda nopeasti yritystoimintaa tehostavia selainpohjaisia tietokantasovelluksia. Tiedot tallennetaan automaattisesti SQL-tietokantaan, mikä takaa ohjelmasta aiempaa suojatun. [14.]

Ohjelmassa on Access-pohjainen tietokanta, joka aina kopioidaan kun uutta kustannusarviota aloitetaan tekemään. Muutoksia tehdään vain kopioituun tietokantaan, ei alkuperäiseen eli master-tietokantaan.

Opinnäytetyön alkuperäinen tavoite oli Nestimatorin kustannustietojen päivitys. Ajatuksena oli myös kehitellä tapa, jolla kustannustietoja voitaisiin päivittää helpommin ja ilman ohjelmointia. Aikataulu- ja resurssiongelmien vuoksi työstä muodostui selvitys siitä miten ohjelmiston päivitys tulisi toteuttaa, jotta kustannustietojen päivitys onnistuisi nykyistä helpommin, paljonko se tulisi kustantamaan sekä osoittaa ohjelman nykyisten kustannusten vääristävän todellista kustannusta.

## 9.1 Nestimatorin käyttäminen

Kustannusarvion tekeminen Nestimatorilla aloitetaan lisäämällä projektin tiedot. Lisätään projektille "ID", eli projektin tunnus, ja kuvaus, esimerkiksi "muuntamotyöt". Itse kustannusarvio tehdään keräämällä laskentapaketteja projekteille. Näitä paketteja ovat mm. eri tehoiset moottorilähdöt, erilaiset keskuslähdet (esimerkiksi johdonsuoja ja vi-kavirtasuojalähtöjä) ja UPS-laitteistot.

| Packets                        | Qty | Unit | Sum      |
|--------------------------------|-----|------|----------|
| ☐ Pystyhyily kentällä          | 1   | m    | 125 €    |
| ☐ Kaapelihyily kentällä        | 1   | m    | 94 €     |
| ☐ Kaapelihyily muuntamolle     | 1   | m    | 84 €     |
| ☐ Kaapelihyily kansi 1m        | 1   | kpl  | 88 €     |
| ☐ Kaapelit                     |     |      |          |
| ☐ Kenno SJ                     |     |      |          |
| ☐ Kenttä                       |     |      |          |
| ☐ Kenttäkotelo                 |     |      |          |
| ☐ Keskus                       |     |      |          |
| ☐ Keskuslähtö                  |     |      |          |
| ☐ Kiskosilta                   |     |      |          |
| ☐ Kompensointi                 |     |      |          |
| ☐ Lämmitin                     |     |      |          |
| ☐ Maadoitus                    |     |      |          |
| ☐ Moottorilähdöt (P.J)         |     |      |          |
| ☐ Moottorit -7,5 kW            | 1   | kpl  | 7 397 €  |
| ☐ Moottorit 11-18,8 kW         | 1   | kpl  | 8 108 €  |
| ☐ Moottorit 22-30 kW           | 1   | kpl  | 8 871 €  |
| ☐ Moottorit 22-30 kW (Sekotin) | 1   | kpl  | 13 804 € |

| Estimation             | Qty | Unit | Sum      |
|------------------------|-----|------|----------|
| ☐ Projects (Local D... |     |      |          |
| ☐ testi                |     |      | 0 €      |
| ☐ kaapeli              |     |      | 18 072 € |
| ☐ Esimerkki            |     |      | 0 €      |
| ☐ Moottorilähd...      |     |      |          |
| ☐ Moottori...          | 1   | kpl  | 8 871 €  |

Kuva 3 "Esimerkki" projektille lisätty moottorilähtö

Kuvassa 3 on lisätty 22-30kW moottorilähtö projektille nimeltä "Esimerkki". Itse paketti taas koostuu "partseista" eli osista.

|                          |     |     |         |
|--------------------------|-----|-----|---------|
| Moottorit 22-30 kW       | 1   | kpl | 8 871 € |
| — AMCMK 3x70+21          | 200 | m   | 1 915 € |
| — MCMO 7x2,5+6           | 200 | m   | 991 €   |
| — AMCMK 3x70+21 KYTK     | 1   | kpl | 27 €    |
| — MCMO 7x2,5+6 KYTK      | 1   | kpl | 25 €    |
| — AMCMK 3x70+21 JATK     | 1   | kpl | 387 €   |
| — MCMO 7x2,5+6 JATK      | 1   | kpl | 281 €   |
| — Liit. laitteeseen      | 1   | kpl | 25 €    |
| — Ohj.kytk.teline(putki) | 1   | kpl | 51 €    |

Kuva 4 Ruudunkaappaus moottorilähdön "parts"-listasta

Kuten kuvasta 4 nähdään, paketit sisältävät myös kaapelien kytkennät. Erilaisia partseja on yhteensä 1 047 kpl. Partsit voivat olla joko tiettyjä tuotteita, esimerkiksi erilaisia kaapeleita, tai jokin työ, esimerkiksi aikaisemmin mainittu kaapelin kytkentä.

Kun halutut tuotepaketit on lisätty, voidaan raportti tulostaa Excelille. Excel-tiedosto sisältää neljä välilehteä: massaluettelo, massaluettelo ja yksikköhinnat, osaluettelon yksikköhinnat sekä Repro-materiaali. Massaluettelossa nähdään, mistä paketeista kustannusarvio koostuu. Massaluettelo ja yksikköhinnat -välilehti on melko samanlainen, mutta siinä esitetään kunkin paketin yksikkökustannus. Osaluettelon yksikköhinnat -lehdessä nähdään mistä osista paketit koostuvat ja osien yksikkökustannukset. Repro-materiaali -lehdessä listataan materiaali, jota Neste Jacobs:lla on varastossaan, esimerkiksi kaapelit.



|    |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
|----|---|-----------------------------|------------------------|---|---|----------------------------|---|------------|---|---------|---|----------|---|------------|---|--------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| 1  | A | B                           | C                      | D | E | F                          | G | H          | I | J       | K | L        | M | N          | O | P                  | Q                  | R | S | T | U | V |
| 2  |   | <b>NESTE OIL</b>            |                        |   |   | <b>KUSTANNUSARVIO</b>      |   |            |   |         |   |          |   |            |   | 20.4.2017 18:44:09 |                    |   |   |   |   |   |
| 3  |   |                             |                        |   |   | Tarkkuus ±25%              |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Projekti           | Insinöörityö       |   |   |   |   |   |
| 4  |   | Neste Jacobs Oy             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Laatija            | ILONELA1           |   |   |   |   |   |
| 5  |   | Sähkösuunnittelu            |                        |   |   | Osaluettelon yksikköhinnat |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Pvm                | 20.4.2017 17:16:14 |   |   |   |   |   |
| 6  |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Hyv                |                    |   |   |   |   |   |
| 7  |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Tark               |                    |   |   |   |   |   |
| 8  |   | Asiakas:                    | Metropolia             |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Revisio            | 0                  |   |   |   |   |   |
| 9  |   | Kuvaus:                     | Insinöörityö esimerkki |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | Valuutta           | Euro               |   |   |   |   |   |
| 10 |   | Projekti:                   | Insinöörityö Esimerkki |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   | ALV                | 0                  |   |   |   |   |   |
| 11 |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 12 |   | Kuvaus                      |                        |   |   | Määrä                      |   | Materiaali |   | Työ     |   | Yhteensä |   | Tunnit (h) |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 13 |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 14 |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 15 |   | ----- Moottorilähdöt (PJ) : |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 16 |   | Moottorit 22-30 kW          |                        |   |   | 1                          |   | 6 197 €    |   | 2 674 € |   | 8 871 €  |   | 41         |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 17 |   |                             |                        |   |   |                            |   |            |   |         |   |          |   |            |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 18 |   | AMCMK 3x70+21               |                        |   |   | 200                        |   | 1 135 €    |   | 780 €   |   | 1 915 €  |   | 12         |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 19 |   | MCMO 7x2,5+6                |                        |   |   | 200                        |   | 562 €      |   | 429 €   |   | 991 €    |   | 7          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 20 |   | AMCMK 3x70+21 KYTK          |                        |   |   | 1                          |   | 1 €        |   | 26 €    |   | 27 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 21 |   | MCMO 7x2,5+6 KYTK           |                        |   |   | 1                          |   | 4 €        |   | 21 €    |   | 25 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 22 |   | AMCMK 3x70+21 JATK          |                        |   |   | 1                          |   | 60 €       |   | 327 €   |   | 387 €    |   | 5          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 23 |   | MCMO 7x2,5+6 JATK           |                        |   |   | 1                          |   | 32 €       |   | 249 €   |   | 281 €    |   | 4          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 24 |   | Liit. laitteeseen           |                        |   |   | 1                          |   | 6 €        |   | 19 €    |   | 25 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 25 |   | Ohj.kytk.teline(putki)      |                        |   |   | 1                          |   | 28 €       |   | 23 €    |   | 51 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 26 |   | Ohj.kytk. kilpi             |                        |   |   | 1                          |   | 2 €        |   | 2 €     |   | 4 €      |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 27 |   | Kaapelimerkki               |                        |   |   | 2                          |   | 10 €       |   | 10 €    |   | 20 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 28 |   | Palosuojaletku              |                        |   |   | 1                          |   | 23 €       |   | 13 €    |   | 36 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 29 |   | Moott.päätt. valuharts      |                        |   |   | 1                          |   | 13 €       |   | 14 €    |   | 26 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 30 |   | Suojaputk. valuharts        |                        |   |   | 2                          |   | 17 €       |   | 28 €    |   | 45 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |
| 31 |   | Kaap.veto putkeen           |                        |   |   | 4                          |   | 0 €        |   | 16 €    |   | 16 €     |   | 0          |   |                    |                    |   |   |   |   |   |

Kuva 5 Ruutukaappaus raportin "Osaluettelon yksikköhinnat" -välilehdeltä

## 9.2 Nestimatorin päivitys

### 9.2.1 Osien päivitys

Jotta Nestimatorin kustannustiedot saataisiin päivitettyä oikeaksi, täytyy osille lisätä sähkönumerot. Tällä hetkellä osia kuvaa vain nimi, esimerkiksi "AMCMK 3x70+21". Ohjelmassa on jo toiminto, jolla parts-lista saadaan päivitettyä. Ohjelma "exporttaa", eli vie tiedot parts-listan Exceliin, jossa sitä voidaan muokata haluamallaan tavalla. Kun halutut muutokset on tehty, tallennetaan ja suljetaan tiedosto ja ohjelman kautta "importataan", eli tuodaan tiedot ohjelmaan.

Kustannustiedot saadaan tukkumyyjien yms. hinnastoista. Hinnastot täytyy olla Excel-tiedostona. Muun muassa Onninen ja Ahlsell jakavat tällaisia hinnastoja. Hinnastojen tulee sisältää tuotteiden sähkönumerot. Tiedot hinnasto-Exceleistä parts-Exceliin saadaan siirrettyä Visual Basic koodia käyttäen (liite 1). Yksinkertaistettuna koodi toimii seuraavalla tavalla:

1. Ohjelma valitsee parts-listalta (parts-Excel) ensimmäiseltä tuoteriviltä sähkönumeron
2. Ohjelma etsii kyseisen sähkönumeron hinnastosta (hinnasto-Excel) ja katsoo samalta riviltä tuotteen hinnan
3. Ohjelma kopioi tämän hinnan parts-listaan ja maalaa sähkönumeron sisältävät solun vihreällä
4. Jos tuotetta ei löydy, ohjelma maalaa parts-listan sähkönumeron sisältävän solun punaiseksi
5. Jos tuotteella ei ole sähkönumeroa, ohjelma maalaa sen solun harmaaksi
6. Ohjelma siirtyy seuraavalle tuoteriville importissa

| P_Desc             | P_Cat   | P_Unit | P_Rate  | P_Rate | SSTL_I  |
|--------------------|---------|--------|---------|--------|---------|
| AMCMK 3x16+10      | Kaapeli | m      | 6,58 €  | FALSE  | 0622358 |
| AMCMK 4x16+10      | Kaapeli | m      | 4,79 €  | FALSE  | 0622337 |
| AMCMK 3x25+10      | Kaapeli | m      | 6,58 €  | FALSE  | 0622358 |
| AMCMK 4x25+10      | Kaapeli | m      | 7,19 €  | FALSE  | 0623078 |
| AMCMK 3x35+10      | Kaapeli | m      | 7,34 €  | FALSE  | 0622359 |
| AMCMK 3x35+16/10   | Kaapeli | m      | 7,34 €  | FALSE  | 0622359 |
| AMCMK 3x50+15      | Kaapeli | m      | 9,46 €  | FALSE  | 0622360 |
| AMCMK 4x50+15      | Kaapeli | m      | 9,84 €  | FALSE  | 0623080 |
| AMCMK 3x70+21      | Kaapeli | m      | 12,10 € | FALSE  | 0622361 |
| AMCMK 4x70+21      | Kaapeli | m      | 12,60 € | FALSE  | 0622381 |
| AMCMK 3x95+29      | Kaapeli | m      | 17,20 € | FALSE  | 0622362 |
| AMCMK 4x95+29      | Kaapeli | m      | 18,70 € | FALSE  | 0623082 |
| AMCMK 3x120+41     | Kaapeli | m      | 20,90 € | FALSE  | 0622363 |
| AMCMK 4x120+41     | Kaapeli | m      | 21,50 € | FALSE  | 0623083 |
| AMCMK 2X(3x120+41) | Kaapeli | m      | 15,46 € | FALSE  |         |

Kuva 6 Lopputulos ohjelman ajon jälkeen

Jotta virheiden määrää vähennettäisiin, tulisi parts-listaan lisätä sarake uudelle kustannukselle. Näin voitaisiin verrata uutta kustannusta vanhaan ja huomata mahdolliset virheet helpommin. Samoin prosenttimäärä siitä, kuinka paljon uusi kustannus eroaa vanhasta. Esimerkiksi joissain hinnastoissa kaapelien kustannukset on ilmoitettu eri perustein kuin euro/metri, esimerkiksi euro/100metriä.

Julkisista, internetistä ladattavista hinnastoista saatavat hinnat eivät vastaa niitä kustannuksia, joita Neste Jacobs tai urakoitsija todellisuudessa maksaa. Ohjaajan kanssa kuitenkin todettiin, että tämä ei haittaa sillä lisäkustannuksia kuitenkin tulee ja tätä kautta arviosta tulee tarkempi

## 9.2.2 Pakettien päivitys

Osien lisäksi tulisi myös paketteja päivittää ja etenkin lisätä. Lähtökohtana oli, että jatkossa pakettien luonti toteutuisi yksinkertaisesti, jotta kuka tahansa sähkösuunnittelija voisi työöhjeen avulla lisätä tarpeelliseksi koettuja paketteja ohjelmaan. Tätä varten on luotu Excel-tiedosto, jossa yhdellä välilehdellä on parts-lista ja muilla lehdillä eri paketteja. Ajatuksena on, että suunnittelija voi luoda uuden välilehden johon hän valmista pohjaa käyttäen lisää toteutuneen projektin jonkun tuotepaketin. Tällainen voisi olla esimerkiksi sekoittimen moottorilähtö. Ennen kuin paketti ajettaisiin Nestimatoriin, tulisi se tarkastuttaa ja hyväksyttää eri henkilöillä.

NESTE OIL

Neste Jacobs Oy

Sähkösuunnittelu

KUSTANNUSARVIO

Laskentapaketti

ID: Kytkeinvaroke 063A

Kuvaus: Kytkeinvaroke 63A

Kateg.: Keskuslähtö

Kerroin

Suunnittelutunnit: 2

Mat.yht. 680 € x 1

Työ yht. 0 € x 1 0,00 h

Yht. 680 € x 1 kpl

Projekti

Laatija

Pvm

Hyv

Tark

Revisio

Valuutta

ALV

Lang: Kuvaus:

FIN: Kytkeinvaroke 63A

ENG: Switchfuse 63A

SWE:

GER:

ITA:

FRA:

Suunn:

Pvm.: 3.6.2008 16:07:12

Huom:

| ID: Osa ID: | Kuvaus:                               | Määrä  | a Hinta/Mat. | x K | a Hinta/Työ | x K | a Aika/Työ | Kuvaus (Urakka) |
|-------------|---------------------------------------|--------|--------------|-----|-------------|-----|------------|-----------------|
|             |                                       | Total: | 0,00 €       |     | 0,00 €      |     | 0,00       |                 |
| 1           | MCC.OS063 OS 63                       | 1 kpl  | 163,00 €     | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |
| 2           | L0040 APUKOSKETTIMET_1                | 2 kpl  | 11,00 €      | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |
| 3           | SU001 SULAKKEET_1                     | 3 kpl  | 13,00 €      | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |
| 4           | MCC.L0300 Kenttä, lähtökorkeus 0300mm | 1 kpl  | 295,00 €     | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |
| 5           | L0038 KAAPELIKULU/LÄHTÖKORKEUS 0300mm | 1 kpl  | 63,00 €      | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |
| 6           | MCC.VS300 VALOKAARISUOJAUS 300mm      | 1 kpl  | 98,00 €      | 1   | 0,00 €      | 1   | 0,00       | PJ-keskus       |

Kuva 7 Luonnos paketin päivityksestä

Kun uusi paketti on valmis ja tarkastettu, voitaisiin se ajaa ohjelmaan. Jos paketti sisältäisi uusia osia, päivittyisivät osat samalla parts-listaan. Näin saataisiin aktiivisesti päivitettyä myös parts-listaa.

Nestimatorin tekijän kanssa käydyn keskustelun perusteella tämä kuitenkin todettiin melko kehnoksi toteutustavaksi. Ongelmaksi muodostuu se, että virheitä lomakkeen täyttämisessä ei saisi tulla. Tietokanta saattaa mennä sekaisin, jos esimerkiksi jokin solu jätetään tyhjäksi tai jos lisätään tuote nimellä joka on jo tietokannassa, korvautuu vanhan tuotteen tiedot uudella.

Paremmaksi toteutustavaksi todettiin ohjelman sisään rakennettava työkalu, lomake, joka kysyisi alkutietoja ennen paketin luomista ja selittäisi yksityiskohtaisesti, mitä kukin valinta tarkoittaa. Näin virheelliset tiedot minimoitaisiin ja tietokanta ei kärsisi kokonaisuudessaan.

Jos paketti halutaan lisätä master-tietokantaan kaikkien käytettäväksi, tarvitaan protokolla, jolla varmistetaan pakettien oikeellisuus ja tarpeellisuus. Jos suunnittelija haluaa

jonkin paketin lisättävän ohjelmaan, täyttää hän Excel-lomakkeen jonka pohjana käytettäisiin esimerkiksi kuvan 7 lomaketta. Täytetty lomake toimitettaisiin tarkastettavaksi pääkäyttäjälle, joka lisää paketin tietokantaan jos näkee sen tarpeelliseksi.

Pakettien päivityksen avuksi pohdittiin myös Sähköinfo Severin tarjoamaa pakettirekisteriä, johon on kerätty erilaisia tuotepakettien materiaali- ja asennushintoja. Pakettirekisterissä yksikkökustannusten tarvikkeiden hinta perustuu suurimpien tukkureiden hinnastoihin ja työhinnat talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen mukaiseen urakkahinnoitteluun. Rekisteri kuitenkin sisälsi käytännössä vain talosähköistyksen tuotteita, eikä näin vastaa teollisuuden tarpeisiin. [2.]

### 9.3 Päivityksen kustannukset

Päivityksestä aiheutuvat kustannukset koostuisivat pääosin työvoimakustannuksista. Tuntipohjaisella arviolla saadaan siis melko tarkka arvio muutostyön lopullisista kustannuksista. Työ jakaantuisi kahteen osaan: ohjelmointityöhön ja muuhun päivitykseen liittyvään työhön. Muu päivitykseen liittyvä työ pääosin sisältäisi sähkönumeroiden lisäämistä tuotteille, työohjeen laatimisen (ohje kustannusten päivitykselle) sekä projektin yleistä hallintaa.

Ohjelmointityö sisältäisi kaksi osiota; osien päivitystoiminnon parantaminen ja työkalun luominen pakettien lisäämiseen. Näistä kahdesta huomattavasti enemmän aikaa vie paketti -työkalu. Tällaisen työn tuntiarviointi on hyvin haastavaa, mutta tarpeeksi suuntaantava tuntimäärä olisi noin 200 tuntia. Koska ohjelmointityö tulisi talon ulkopuolelta, käytetään tuntikustannuksena 80e/h.

$$\text{työtunnit} * \text{tuntikustannus} = \text{työn kustannus}$$

$$200h * 80e/h = 16\,000 \text{ euroa}$$

Muussa päivitykseen liittyvässä työssä selkeästi eniten tunteja veisi sähkönumeroiden lisääminen. Oikeat komponenttien mallit pitää tarkastaa esimerkiksi osaluetteloista. Bulkki-materiaalin sähkönumerot saadaan Reprosta. Tähän tarvittavaa tuntimäärää on vaikea arvioida. Joidenkin tuotteiden sähkönumeron löytäminen on haastavaa, koska niiden tämän hetkiset nimet ovat melko yksinkertaisia ja epätarkkoja, esimerkiksi "palosuojaletku\_4" ja "palosuojaletku\_6". Kriittiset ja yleisesti käytetyt komponentit saatai-

siin kuitenkin noin 60 tunnissa selvitettyä. Työohjeiden laatiminen vaatisi noin viisi tuntia ja projektin hallinta 15 tuntia. Yhteensä tunteja tulisi muuhun päivitykseen liittyvään työhön siis noin 80 tuntia. Kustannukseksi muodostuisi siis:

$$\text{työtunnit} * \text{tuntipalkka} * \text{työvoimakustannuskerroin} = \text{työn kustannus}$$

$$80h * 20,9e/h * 1,3 = 2173,60 \text{ euroa}$$

Yhteensä kustannukset olisivat siis:

$$\text{ohjelmointityö} + \text{muu päivitykseen liittyvä työ} = \text{kokonaiskustannukset}$$

$$16\,000e + 2173,60e = 18\,173,6 \text{ euroa}$$

Kokonaiskustannukset tulisivat siis todennäköisesti jäämään alle 20 000 euron.

#### 9.4 Päivityksestä aiheutuvan tarkkuuden parantuminen

Kustannustiedot ovat tällä hetkellä päivitetty vuonna 2008 ja suuressa osassa lähteenä on käytetty vanhaa Excel-taulukkoa, johon on kerätty aikoinaan tuotteiden kustannuksia. Osa tuotteista on päivitetty Repron kustannuksia käyttäen, esimerkiksi kaapelit. Kaapelien kustannuksia voidaan vertailla vertaamalla Reprosta saatuja vuoden 2016 kustannuksia Nestimatorin kustannuksiin. Vertailukohteeksi valittiin vetylaitoksen projektin kustannusarvio, mutta vain kaapelien osalta. Yhteensä kaapeleita tässä kustannusarviossa on 36 619 metriä.

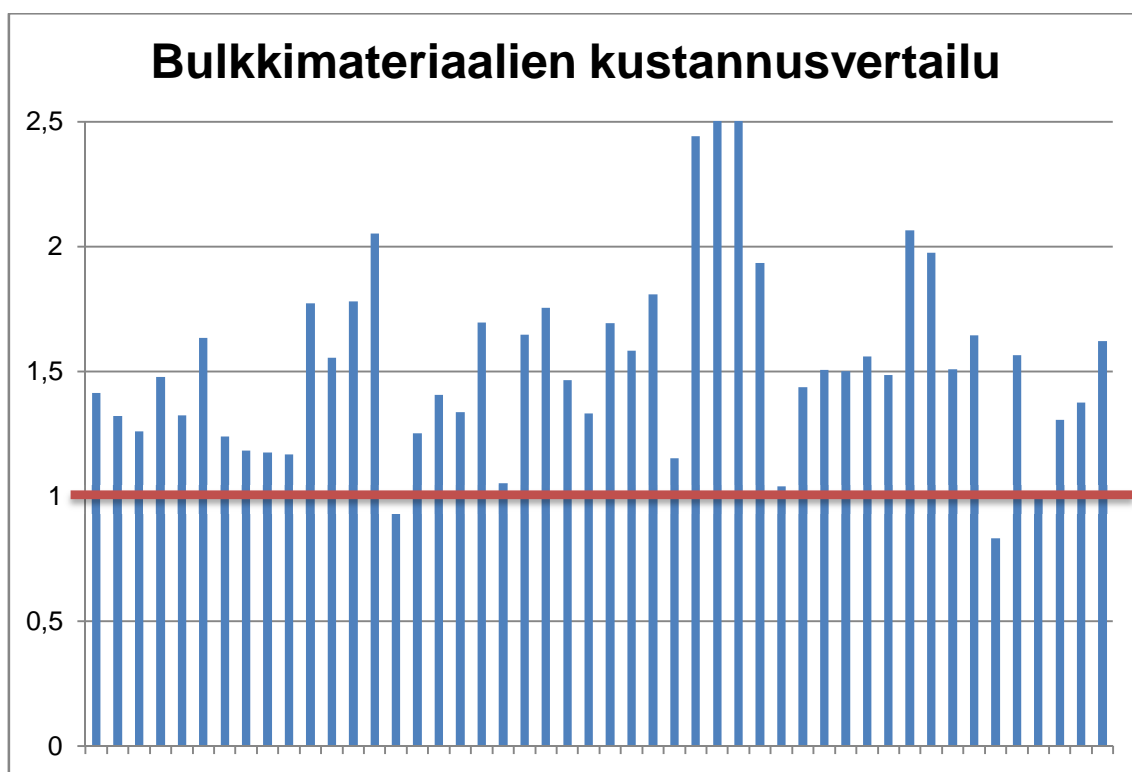
Taulukko 6 Kustannusvertailua

| Kuvaus                   | Määrä    | Nestimator hinta | Repro 2016 | Erotus   |
|--------------------------|----------|------------------|------------|----------|
| ----- Kaapeli :          |          |                  |            |          |
| AMCMK 3x16+10            | 800 m    | 2,00000 €        |            |          |
| AMCMK 3x50+15            | 1 020 m  | 3,00000 €        | 4,15000 €  | 1 173 €  |
| AMCMK 3x70+21            | 6 120 m  | 4,73000 €        | 6,25477 €  | 9 332 €  |
| AMCMK 3x150+41           | 180 m    | 13,00000 €       | 11,70000 € | -234 €   |
| AHXAMK-WTC/PE 3x185/35   | 2 130 m  | 14,53000 €       | 17,81000 € | 6 986 €  |
| AHXAMK-WTC/PE 3x300/35   | 3 350 m  | 19,76000 €       | 23,07364 € | 11 101 € |
| MCMK 2x2,5+2,5           | 140 m    | 0,78000 €        | 1,38275 €  | 84 €     |
| MCMK 3x2,5+2,5           | 50 m     | 0,94000 €        | 1,46667 €  | 26 €     |
| MCMK 2x6+6               | 364 m    | 1,63000 €        | 3,35662 €  | 628 €    |
| MCMK 3x6+6               | 4 080 m  | 1,95000 €        | 1,84163 €  | -442 €   |
| KJAAM-RV 4x(2+1)x0,5/2,5 | 1 095 m  | 1,13000 €        | 1,70311 €  | 628 €    |
| KJAAM-RV 24x(2+1)x0,5/6  | 1 700 m  | 4,81000 €        | 7,18625 €  | 4 040 €  |
| MCMO 7x1,5+6             | 140 m    | 1,46000 €        | 3,01462 €  | 218 €    |
| MCMO 12x1,5+6            | 150 m    | 2,15000 €        | 4,32571 €  | 326 €    |
| MCMO 7x2,5+6             | 15 300 m | 2,34000 €        | 3,53098 €  | 18 222 € |
| Yhteensä                 |          | 185 941 €        | 238 029 €  | 52 088 € |

Eroa tulee siis yhteensä 28 prosenttia eli 52 088 euroa kaapelien osalta. AMCMK 3x16+10 kaapelia ei löytynyt Reprosta, joten se jätettiin pois laskuista.

Alkuperäiset kustannukset ovat myös melko sekalaisista lähteistä. Päivittämällä kerralla suuren määrän tuotteita samasta hinnastosta, saadaan ne samaan kustannussuhteeseen ja näin ollen kustannusarvioista saadaan johdonmukaisempia.

Taulukko 7 Bulkkimateriaalien kustannusmuutos



Taulukossa 7 on esitetty bulkkimateriaalien kustannusmuutosta. Jokainen pylväs on tuote Nestimatorista, joka löytyy myös Reprosta. Vertaamalla Repron vuoden 2016 kustannuksia ja Nestimatorin kustannuksia keskenään, saadaan muutoskerroin. Punainen viiva kuvaa kustannusmuutoksen nollatasoa. Taulukosta nähdään, että lähes kaikkien tuotteiden kustannukset ovat nousseet melko reilusti ja keksimääräisesti tuotteiden kustannukset ovat kasvaneet noin 50 prosenttia.

## 10 Yhteenveto

Kustannusarviointi on olennainen osa projektien toteutusta ja etenkin niiden onnistumisista. Hyvin toteutettu kustannusarvio takaa varman tuoton ja sen että tilaaja tilaa uusiakin projekteja. Siksi olisi tärkeää, että yhtiöllä on käytössä toimiva, ajan tasalla oleva kustannusarvio-ohjelma.

Tällä hetkellä Nestimatorin kustannustiedot heittävät todella paljon, joten niiden päivitys olisi välttämätöntä tarkan kustannusarvion takaamiseksi. Alalla on myös paljon vaihtuvuutta, joten osaavien työntekijöiden saaminen voi olla aika-ajoin haaste. Siksi kustannusarviotyökalusta tulisi luoda sellainen, jota voisi käyttää myös hieman kokematto-

mammat suunnittelijat ja tällöin myös kustannustiedot tulisi päivittää säännöllisesti ajan tasalle.

Ohjelman päivityksellä luodaan myös säästöjä. Tuotepaketteja päivittämällä ja lisäämällä vähennetään aikaa jota suunnittelija käyttää kustannusarvion laatimiseen. Päivityksen toteuttaminen olisi myös melko edullista. Päivityksen kustannukset olisivat todennäköisesti reilusti vähemmän kuin kustannusarvioiden tarkkuudessa tällä hetkellä tapahtuva heitto.



## Lähteet

- 1 Humphreys, Kenneth K. 1991 Jelen's cost and optimization engineering
- 2 Sähköinfo Severi. 2017. Ohjelmistot ja tiedostot: Yksikkökustannuksia. Verkkosivu. < <https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/Software> > Luettu 6.5.2017
- 3 Dr. Hastak, Makarand. 2015. Skills and Knowledge of Cost Engineering, Sixth Edition. AACE International
- 4 Dr. Adithan, M. 2007. Process Planning and Cost Estimation.
- 5 Norman, Eric S. & Brotherton, Shelly A. & Fried, Robert T. 2008. Work Break-down Structures: The Foundation for Project Management Excellence. Wiley
- 6 Neste Jacobs Oy. 2017. Kustannusarviointi ohje. Sisäinen dokumentti, ei julkaistu.
- 7 Neste Jacobs Oy. 2012. Projektiohjausmenetelmät ja ositus. Sisäinen dokumentti, ei julkaistu
- 8 Neste Jacobs Oy. 2017. Neste Jacobs in Brief. Verkkosivu. < <http://www.nestejacobs.com/about/neste-jacobs-in-brief/> > Luettu 6.5.2017
- 9 Neste Jacobs Oy. 2017. Neste Jacobs Oy. <<https://www.kilpilahti.fi/yritykset-kilpilahdessa/nestejacobs/>> Luettu 6.5.2017
- 10 AACE International. 2017. About AACE. < <http://web.aacei.org/about-aace> > Luettu 6.5.2017
- 11 Kaseva, Ville. 2011. Toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP. < <https://www.slideshare.net/villekaseva/toiminnanohjausjrjestelm-eli-erp> > Luettu 6.5.2017
- 12 Heiskanen, Ilkka. 2007. Putkistosuunnittelun tunnusluvut. Insinööri työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 13 Neste Jacobs Oy. 2015. Verkkomuistio: Cost Estimating. 15.9.2017. Sisäinen dokumentti, ei julkaistu.

- 14 Microsoft. 2017. Microsoft Access. < <https://products.office.com/fi-fi/access> >  
Luettu 6.5.2017

## Yksikkökustannusten päivityksen ohjelma

Visual Basic:llä luoto ohjelma yksikkökustannusten päivitykseen

```
Dim wbi As Integer 'se rivi jolla mennään parts taulussa
Dim wb As Workbook 'Se Nestimaattorin työkirja
Dim wb2 As Workbook 'Se Onnisen työkirja
Dim ws As Worksheet 'Se Nestimaattorin taulu
Dim ws2 As Worksheet 'Se Onnisen taulu
```

---

```
Sub Päivitä()
    Dim vFile As Variant ' tiedoston valintaa varten
    Dim c As Range 'kunetsitään ja jotain laitataan c muuttujaan
    Dim koodiNro As String 'vatataan teksti muuttuja koodia varten

    'Set target workbook
    Set wb = ActiveWorkbook 'wb on aktiivinen työkirja
    Set ws = wb.Worksheets("Parts") 'ws on Parts niminen taulu

    'Open the source workbook
    vFile = Application.GetOpenFilename("Excel-files,*.xls*", _
        1, "Select One File To Open", , False)
    'if the user didn't select a file, exit sub
    If TypeName(vFile) = "Boolean" Then Exit Sub

    Set wb2 = Workbooks.Open(vFile)
    Set ws2 = wb2.Worksheets("Onninen")

    Dim lRow As Long 'varataan muuttuja lRow longina... että jos rivejä on paljon

    lRow = ws.Range("F" & ws.Rows.Count).End(xlUp).Row 'lrow = ws-sivun (parts sivun) vika rivi

    For wbi = 6 To lRow 'Kelaus Parts :n läpi

        On Error Resume Next

        koodiNro = ws.Range("V" & wbi).Value 'Tälle haetaan hintaa

        If ws.Range("V" & wbi).Value <> "" Then 'Onko koodia, jota etsiä

            'voidaan hakea koodilla firmat :stä sarakkeesta
            Set c = ws2.Range("B2:B20000").Find(koodiNro, Lookat:=xlWhole)

            If c Is Nothing Then
                'koodia Ei löytynyt firmat taulusta

                'värjttään koodi punaiseksi
                ws.Cells(wbi, 22).Interior.Color = RGB(255, 0, 0)

            Else
                'koodi löytyi firmat taulusta riviltä c.row

                'värjttään koodi vihreäksi
                ws.Cells(wbi, 22).Interior.Color = RGB(0, 255, 0)
            End If
        End If
    Next wbi
End Sub
```

```
'Täsmääkö hinnat
If ws2.Cells(c.Row, 11).Value <> ws.Range("F" & wbi).Value Then
    'hinnat EI täsmää

    'talletetaan vanha arvo kommentiksi
    'ws.Cells(wbi, 2).AddComment (ws.Cells(wbi, 2).Value)

    'siirretään soluun uusi hinta firmataulusta
    ws.Cells(wbi, 6).Value = ws2.Cells(c.Row, 11).Value

    'solu vaalean siniseksi
    ws.Cells(wbi, 6).Interior.Color = RGB(100, 100, 255)

Else
    'hintaa täsmää

    'solu vaalean vihreäksi
    ws.Cells(wbi, 6).Interior.Color = RGB(200, 255, 200)

End If

End If

Else
    'koodi oli tyhjä
    'ei voitu hakea tyhjällä
    'solu tumman harmaaksi
    ws.Cells(wbi, 22).Interior.Color = RGB(100, 100, 100)

End If

On Error GoTo 0
Next wbi 'Seuraavalle riville Parts taulussa

End Sub
```

## Kustannusvertailu

Nestimatorin ja Repron kustannusten vertailua

| Repro koodi | Nimi                             | Vanha hinta | Repro 2016 hinta | Muutoskerroin |
|-------------|----------------------------------|-------------|------------------|---------------|
| MB8155      | AMCMK 3x35+10                    | 2,81 €      | 3,98             | 1,41          |
| MB8165      | AMCMK 3x70+21                    | 4,73 €      | 6,25             | 1,32          |
| MB8170      | AMCMK 3x95+29                    | 7,35 €      | 9,27             | 1,26          |
| MB8175      | AMCMK 3x120+41                   | 7,73 €      | 11,44            | 1,48          |
| MB8185      | AMCMK 3x185+57                   | 10,77 €     | 14,27            | 1,32          |
| MB8250      | AMCMK 4x185+57                   | 13,00 €     | 21,25            | 1,63          |
| MB8200      | AMCMK 3x240+72                   | 13,75 €     | 17,07            | 1,24          |
| MB8385      | AHXAMK-WTC/PE 3x185/35           | 14,53 €     | 17,22            | 1,19          |
| MB8390      | AHXAMK-WTC/PE 3x240/35           | 16,96 €     | 19,96            | 1,18          |
| MB8395      | AHXAMK-WTC/PE 3x300/35           | 19,76 €     | 23,07            | 1,17          |
| MB7600      | MCMK 2x2,5+2,5                   | 0,78 €      | 1,38             | 1,77          |
| MB7615      | MCMK 3x2,5+2,5                   | 0,94 €      | 1,46             | 1,55          |
| MB7733      | MCMK 4x2,5+2,5                   | 1,13 €      | 2,01             | 1,78          |
| MB7604      | MCMK 2x6+6                       | 1,63 €      | 3,34             | 2,05          |
| MB7675      | MCMK 3x6+6                       | 1,95 €      | 1,82             | 0,93          |
| MB7736      | MCMK 4x6+6                       | 2,28 €      | 2,86             | 1,25          |
| MB7606      | MCMK 2x10+10                     | 2,77 €      | 3,90             | 1,41          |
| MB7680      | MCMK 3x10+10                     | 3,40 €      | 4,55             | 1,34          |
| MB7740      | MCMK 4x10+10                     | 3,88 €      | 6,58             | 1,70          |
| MB7608      | MCMK 2x16+16                     | 4,70 €      | 4,95             | 1,05          |
| MB7685      | MCMK 3x16+16                     | 4,88 €      | 8,04             | 1,65          |
| MB7745      | MCMK 4x16+16                     | 5,95 €      | 10,45            | 1,76          |
| MB7690      | MCMK 3x25+16                     | 6,88 €      | 10,09            | 1,47          |
| MB7750      | MCMK 4x25+16                     | 11,80 €     | 15,73            | 1,33          |
| MB7695      | MCMK 3x35+16                     | 8,73 €      | 14,80            | 1,70          |
| MB7755      | MCMK 4x35+16                     | 10,92 €     | 17,31            | 1,59          |
| MB7705      | MCMK 3x70+35                     | 15,42 €     | 27,89            | 1,81          |
| MB7765      | MCMK 4x70+35                     | 27,24 €     | 31,43            | 1,15          |
| MB7710      | MCMK 3x95+50                     | 20,83 €     | 50,90            | 2,44          |
| MB7715      | MCMK 3x120+70                    | 13,85 €     | 56,94            | 4,11          |
| MB7720      | MCMK 3x150+70                    | 21,15 €     | 69,78            | 3,30          |
| MB7725      | MCMK 3x185+95                    | 48,80 €     | 94,46            | 1,94          |
| MB7730      | MCMK 3x240+120                   | 61,30 €     | 63,60            | 1,04          |
| OS5225      | KJAAM-RV 2x(2+1)x0,5/2,5         | 0,81 €      | 1,17             | 1,44          |
| OS5230      | KJAAM-RV 4x(2+1)x0,5/2,5         | 1,13 €      | 1,70             | 1,51          |
| OS5235      | KJAAM-RV 8x(2+1)x0,5/2,5         | 1,90 €      | 2,85             | 1,50          |
| OS5240      | KJAAM-RV 12x(2+1)x0,5/6          | 2,75 €      | 4,29             | 1,56          |
| OS5245      | KJAAM-RV 24x(2+1)x0,5/6          | 4,81 €      | 7,15             | 1,49          |
| MB7570      | MCMO 7x1,5+6                     | 1,46 €      | 3,01             | 2,06          |
| MB7576      | MCMO 12x1,5+6                    | 2,15 €      | 4,25             | 1,98          |
| MB7574      | MCMO 7x2,5+6                     | 2,34 €      | 3,53             | 1,51          |
| MB7575      | MCMO 12x2,5+6                    | 3,20 €      | 5,27             | 1,65          |
| MY6000      | Haarotuskotelo                   | 345,00 €    | 287,48           | 0,83          |
| MB7454      | CHEMELEX 12XTV                   | 18,53 €     | 29,02            | 1,57          |
| MB7020      | Kylmäkaapeli, metalli            | 83,33 €     | 85,15            | 1,02          |
| MB7217      | Cupari-nikkel lämm.kaap HDF1M400 | 4,15 €      | 5,43             | 1,31          |
| MB7258      | HSQ1M400 lämm.kaap. (AISI)       | 7,73 €      | 10,64            | 1,38          |
| MB7460      | CHEMELEX 15XTV                   | 19,82 €     | 32,13            | 1,62          |
|             |                                  |             | <b>Yhteensä</b>  | <b>1,58</b>   |